**Bernard Šiška, doc. RNDr. PhD.**

**Vedecká a výskumná profilácia**

**Dátum a miesto narodenia: 19.12.1959 v Nitre**

**Názov a adresa pracoviska: Katedra ekológie, SPU, FEŠRR, Marianská 10, 949 01, Nitra**

**E-mail:bernard.siska@uniag.sk**

Aktivity v rámci vedy a výskumu sú zamerané na príčiny a dôsledky zmien atmosférického prostredia na živé ekosystémy. Otázky agroklimatického potenciálu krajiny sú riešené modelovým spôsobom. Okrem produkčného potenciálu porastov sa zameriavam aj na bilanciu emisií skleníkovo-aktívnych plynov. Uvedené okruhy sú riešené aj z pohľadu možných dôsledkov klimatickej zmeny, tvorby sucha a zraniteľnosti krajiny a návrhu možných adaptačných opatrení k zníženiu negatívnych dôsledkov. Viedol som 4 projekty VEGA, v rámci medzinárodnej spolupráce som sa podielal na riešení 6RP: CECILIA, spolupracujem v rámci dôsledkov klimatickej zmeny s medzivládnym panelom pre klimatické zmeny (IPCC). V rámci práce pre IPCC mi bol prznanýpodiel na získaní nobelovek ceny mieru za rok 2007 (contributing to theawardofthe NobelPeacePrizefor 2007 for IPCC).

Výsledkom práce je účasť na (autor, spoluautor) 10 vedeckých monografií, 59 vedeckých článkoch publikovaných v zahraničných aj domácich vedeckých periodikách (14 publikácií je registrovaných v databáze Web ofScience). Na publikačnú činnosť bola zaznamenaná odozva v 529 citáciách (z toho 53 SCI citácií).

Doktorandi:

**Ing. Mezeyová Ivana:***Návrh agroklimatickej rajonizácie vybraných odrôd jablone domácej (MalusdomesticaBorkh.) v podmienkach klimatickej zmeny na Slovensku*

Na základe fenologického zhodnotenia poľnohospodársky významných plodín možno konštatovať, že nástupy fenologických fáz sa menia ako odraz klimatických podmienok na Slovensku stále výraznejšie. Skorší nástup súvisí hlavne s vplyvom globálneho otepľovania, ktorý je však ovplyvňovaný inými klimatickými ukazovateľmi vodnej bilancie, ako zrážky a evapotranpirácia. Pre rajonizáciu územia Slovenskej republiky boli analyzované vybrané parametre atmosféry časových radoch rokov.

Na základe inventarizácie klimatickej a fenologickej databázy SHMÚ bolo zistené, že tieto sú často neúplné. Preto bola testovaná väzba korelačne významných vzťahov medzi modelovými odrodami jabloní a vybranými rastlinnými druhmi s cieľom doplniť chýbajúce údaje (najmä pre kritické fázy pučania a kvitnutia). V práci testované korelačné vzťahy sa však ukázali ako nevhodné, a preto bude potrebné touto metodikou štatisticky zhodnotiť ďalšie a vhodnejšie korelačné vzťahy najmä s divorastúcimi druhmi, ktoré boli v minulosti podrobne pozorované.

Pre zlepšenie výsledkov pozorovaní bol navrhnutý podrobný záznamník pozorovateľa, vytvorený podľa súčasnej BBCH škály a doplnený o makro fotografie, ktorý tvorí súčasť fenologickej vzorkovnice všetkých ovocných druhov Botanickej záhrady SPU v Nitre.

Na základe štatistických metód podľa predloženej metodiky a vypracovania GIS analýz boli potvrdené dve skutočnosti – výrazná závislosť nástupu fenologických fáz na nadmorskej výške a posun dátumu nástupu smerom ku skorším termínom. V prípade všetkých troch odrôd jablone domácej bol priemerný nástup fenologickej fázy BBCH 61 – začiatok kvitnutia jablone domácej a tiež nástup druhej sledovanej fenologickej fázy BBCH 87 – zberová zrelosť na území SR v skorších termínoch situovaný do oblasti nížin (od 90 – 300 m.n.m), s plynulým presunom do vyššie položených oblastí (nízke vysočiny 301 – 750 m.n.m) ako napr. územie Malých Karpát, Bielych Karpát, Turzovskej Vrchoviny, Kysuckej Vrchoviny, Štiavnických Vrchov, Ľubovnianskej Vrchoviny či Vihorlatskýh Vrchov s oblasťami do 730 m.n.m, pre ktoré boli charakteristické najneskoršie termíny nástupu sledovaných fenologických fáz. Závislosť nástupu fenologických fáz na nadmorskej výške bude pravdepodobná aj v podmienkach klimatickej zmeny.

Ďalším čiastkovým cieľom bolo plošné zhodnotenie nástupu vybraných fenologických fáz v nezmenených i zmenených podmienkach klímy. V prípade vybraných fenologických fáz hodnotených odrôd jablone domácej bol potvrdený trend uskorenia dátumu ich nástupu.

Pre nástup fenologickej fázy začiatok kvitnutia (BBCH 61) boli v  vpodmienkach nezmenenej klímy definované 3 intervaly nástupu tejto fázy v čase od 19.4. až po 9.5. pre letné a jesenné odrody jablone domácej. V podmienkach klimatickej zmeny je predpoklad uskorenia nástupu fenologickej fázy BBCH 61. Na najväčšej časti územia SR bude jabloň domáca kvitnúť pred 9.4.. V budúcnosti sa podľa použitých scenárov nebude na území Slovenskej republiky vyskytovať územie intenzívneho pestovania letných odrôd jabloní, pre ktoré bude charakteristický nástup fenologickej fázy začiatok kvitnutia (BBCH 61) po 9. máji. Zimné odrody súčasného intenzívneho pestovania jablone začínajú na väčšine územia kvitnúť medzi 14. 4. až 29.4., vo vyšších polohách v intervale od 29.4. – 14.5. a v nadmorských výškach od 350 do 730 m.n.m. po 14. máji. V podmienkach klimatickej zmeny takisto dôjde k uskoreniu nástupu tejto fenologickej fázy, nakoľko v nížinách začnú zimné odrody jablone kvitnúť pred 14.4.. V prípade zimných odrôd sa však vyskytne aj kvitnutie po 14.5. s posunom do vyšších polôh.

Termín nástupu fenologickej fázy BBCH 87 je uskorený v podmienkach klimatickej zmeny ešte výraznejšie. Pre letné odrody jablone domácej bol interval nástupu tejto fenologickej fázy v podmienkach 1 x CO2 atmosféry v nížinách SR stanovený ako interval dní od 8.7. – 18.7., v podmienkach klimatickej zmeny začne v týchto lokalitách zber už pred 28. júnom. Zberová zrelosť jesenných odrôd jablone domácej bola pozorovaná v podmienkach nezmenenej klímy v intervale od 27.8. do 6.9. v oblasti nížin. V dvojnásobnej koncentrácii CO2  bol stanovený nástup BBCH 87 v nížinách SR do 7.8., čiže ide o posun viac ako 20 dní oproti podmienkam 1 x CO2 atmosféry. Najvýraznejší posun termínu nástupu fenologickej fázy BBCH 87 smerom k skorším termínom bol zistený pre zimné odrôd jablone domácej. Podľa súčasnej rajonizácie je pre  oblasti nížin charakteristický nástup sledovanej fenologickej fázy v intervale od 26.9. do 6.10. V podmienkach klimatickej zmeny je pre tieto nadmorské výšky charakteristické obdobie zberu pred 17.8. až 17.8. – 27.8., čo znamená v nížinách do 200 m.n.m posun o 5 týždňov. V podmienkach 1 x CO2 atmosféry sa v lokalitách v najvyšších nadmorských výškach vykonáva zber po 16.10.. Termínom, charakteristickým pre toto územie v dvojnásobnej koncentrácii CO2 je interval od 6.9. do16.9.. V dôsledku evidentného uskorenia nástupu fenologických fáz existujú predpoklady, že pestovanie odrôd, ktoré boli doteraz rajonizované do najteplejších oblastí, bude možné pestovať aj vo vyšších polohách. To prispeje k rozšíreniu výsadbových plôch.

Na základe štatistického testu bola zisťovaná vhodnosť použitia klimatických prvkov ako agroklimatických ukazovateľov. Ako veľmi vhodné pre ďalšie hodnotenie sa ukázali suma priemerných denných teplôt vzduchu a  suma globálneho žiarenia. Vplyv atmosférických zrážok na trvanie fenologickej fázy sa ukázal ako menej významný. Keďže pre jabloň sú zrážky veľmi dôležité, hodnotila sa pre klimatickú rajonizáciu SR aj táto klimatická charakteristika. Zrážky počas roka sú veľmi variabilné, preto bola na ich vyhodnocovanie použitá Pearsonovu krivka III. typu. Klimatické charakteristiky vo vegetačnom období jablone boli hodnotené počas klimatického normálu 1961 – 90 na vybraných 13 fenologických staniciach.

Teplotné charakteristiky majú preukazne najvýraznejší vplyv na priebeh fenologických fáz. Stanovila sa priemerná denná teplota vzduchu v  termíne nástupu vybraných fenologických fáz, suma priemerných denných teplôt pre interval ohraničený týmito fázami (BBCH 61 – 87). Takisto bola stanovená variabilita sumy priemerných denných teplôt počas tohto intervalu pomocou Pearsonovej krivky III. typu. Na základe stanovených súm efektívnych teplôt boli sedinované trvania fenologických intervalov a následne zhodnotené úhrny atmosférických zrážok a sumy globálneho žiarenia. Takto vytvorená databáza klimatických prvkov sa stala základom pre vypracovanie súčasnej agroklimatickej rajonizácie letných, jesenných a zimných odrôd jablone domácej na území SR.

Naakumulovaná teplotná suma za sledovaný interval sa v podmienkach nezmenenej i zmenenej klímy výrazne nemenila. Podľa agroklimatických máp vypracovaných v GIS pomocou programu ARCView 3.8. bola pre letné odrody jablone stanovená suma v rozpätí od menej ako 1240 do viac ako 1540 °C, pre jesenné od menej ako 1760 do viac ako 2260 °C a pre zimné od menej ako 1800 do viac ako 2550 °C, v závislosti od nadmorskej výšky. Menšie rozdiely sa pri porovnaní súčasnej a modelovej situácie vyskytli len pri plošných porovnaniach územia SR, s trendom rozšíreného územia s vyššou teplotnou sumou. Výsledky korešpondujú s publikovanými teplotnými scenármi pre Slovenskú Republiku (Lapin, 2006).

V práci bola tiež stanovená vhodnosť pestovania letných, jesenných a zimných odrôd jablone domácej na konkrétnej lokalite SR. Z hľadiska efektívneho pestovania je pre daný klimatický prvok potrebná 90 % zabezpečenosť. Celoslovenský priemer teplotnej sumy bol pre letné odrody jablone domácej od začiatku kvitnutia po zberovú zrelosť (BBCH 61 – BBCH 87) 1493, 0 °C. Potom pre plne rentabilné pestovanie jablone letnej na území SR je v prípade denných priemerných teplôt vzduchu počas intervalu BBCH 61 – BBCH 87 potrebná suma 1723,9 °C. V prípade jesenných odrôd jablone je na dozretie od začiatku kvitnutia po zberovú zrelosť potrebná teplotná suma 2213, 9 °C, potom  lokality s priemernou TS za interval BBCH 61 – 87 rovnou 2436,9 °C sú pre pestovanie jesenných odrôd jablone plne rentabilné. Zimné odrody potrebujú v priemere na dozretie BBCH 61 – 87 teplotnú sumu 2449,5 °C, preto je pre plne rentabilné pestovanie nutné, aby na danej lokalite bola priemerná ročná suma za daný interval 2436,9 °C.

Najvariabilnejším klimatickým prvkom súčasnej i budúcej rajonizácie sú atmosférické zrážky. V podmienkach klimatickej zmeny bol pre všetky tri skupiny odrôd jabloní zaznamenaný pokles úhrnu atmosférických zrážok v intervale BBCH 61 – BBCH 87. Typické zrážkové úhrny referenčného časového obdobia (1xCO2) v intervaloch od 330 do 370 a nad 370 mm počas BBCH 61 – BBCH 87 letných odrôd jabloní sa na území SR ovplyvneného klimatickou zmenou (2xCO2) vyskytovať nebudú. Z GIS analýzy ďalej vyplýva všeobecné rozšírenie územia s nižším úhrnom zrážok v modelových podmienkach. Nakoľko fenologický interval BBCH 61 a BBCH 87 jesenných odrôd jabloní trvá dlhšie, pokles úhrnu atmosférických zrážok je ešte výraznejší. V podmienkach 1 x CO2 atmosféry sa rozpätie úhrnu atmosférických zrážok pohybuje v rozmedzí od menej ako 280 až po viac ako 480 mm (6 intervalov), pričom v modelovej situácii podmienok klímy 2xCO2 možno definovať len 3 intervaly. Najvýraznejší pokles úhrnu atmosférických zrážok bol zistený v prípade zimných odrôd. Pre podmienky 1 x CO2 atmosféry je v tomto prípade územie SR rozčlenené do 6 intervalov v rozpätí od 290 do 540 mm za sledované obdobie jablone. V prípade modelových podmienok 2 x CO2 atmosféry sa intervaly v rozpätí od 440 do 540 mm v zóne intenzívneho pestovania jabloní v SR pravdepodobne vyskytovať nebudú. Nakoľko sa výsledky týkajú intervalu od začiatku kvitnutia po zberovú zrelosť jablone domácej, teda prevažne letného obdobia, korešpondujú so scenármiklimatickej zmeny atmosférických zrážok v SR. Takmer všetky GCMs scenáre predpokladajú u nás v lete pokles mesačných úhrnov zrážok v lete (CCCM až o16 % v júli), alebo iba malé zmeny (GISS98 rast o 1% v júli) až do horizontu roku 2075 (Lapin, 2001).

Za predpokladu znižovania úhrnov zrážok, prípadne zvyšovania teploty bez zmeny zrážok, budú v intenzívnych sadoch nevyhnutné doplnkové závlahy vo väčšej miere, ako je tomu teraz. Úhrn zrážok v zimných mesiacoch nezabezpečí dostatok zimnej vlahy, čo bude takisto mať za následok zvýšenú potrebu doplnkovej závlahy. Z hľadiska súčasnej rajonizácie a plnej rentability pestovania jabloní v dôsledku atmosférických zrážok je pre letné odrody stanovený priemerný celoslovenský úhrn za interval BBCH 61 - 87 242,3 mm, pre jesenné 331,1 mm a zimné 367,79 mm. Z pearsonovej krivky III. Rádu potom vyplýva, že v lokalitách s priemerným úhrnom atmosférických zrážok nad 333,9 mm pre letné, 423,6 mm pre jesenné a 473,8 mm pre zimné odrody jablone domácej nie sú v prípade intenzívneho pestovania jabloní potrebné závlahy.

Suma globálneho žiarenia pre letné odrody jablone domácej sa na území SR počas klimatického normálu rokov 1961 – 90 pohybovala v rozmedzí od 440 do viac ako 500 kW.h.m-2.Aj v podmienkach klimatickej zmeny existuje predpoklad, že na najväčšej ploche územia Slovenskej Republiky bude charakteristická hodnota sumy globálneho žiarenia od 480 do 500 kW.h.m-2.. Takýto interval bude však v tomto prípade hraničný a hodnoty nad 500 kW.h.m-2 sa vyskytovať pravdepodobne nebudú. Pokles sumy globálneho žiarenia pri porovnaní situácie súčasnej a modelovej je evidentný na mapách jesenných aj zimných odrôd jablone. V prípade jesenných odrôd bola pre podmienky 1 x CO2 atmosféry a územie nížin charakteristická suma globálneho žiarenia za interval BBCH 61 – 87 vyššia ako 720 kW.h.m-2. V  podmienkach zmenenej klímy takýto interval definovať nemožno a pre tieto plochy bude charakteristický interval hodnôt od 680 do 720 kW.h.m-2. V prípade zimných odrôd je situácia podobná, nakoľko v podmienkach 1 x CO2 atmosféry najnižšie položená časť nížin (do 200 m.n.m) spadala do intervalu s hodnotou nad 800 kW.h.m-2 . Ďalšie veľké územie tvorili ostatné lokality do 250 m.n.m s hodnotami slnečného žiarenia od 760 do 800 kW.h.m-2. V prípade podmienok klimatickej zmeny bude územie nad 800 kW.h.m-2 nahradené intervalom od 760 do 800 kW.h.m-2. Na druhej strane bude možné definovať ďalšie intervaly - 2 pod hodnotou 600 kW.h.m-2  v prípade jesenných a 3 intervaly pod hodnotou 640 kW.h.m-2 v prípade zimných odrôd jabloní. Plnú rentabilitu pestovania jabloní na území SR pokrýva priemerná suma globálneho žiarenia za interval BBCH 61 – 87 496,89 kW.h.m-2 pre letné odrody, 687,08 kW.h.m-2 pre jesenné odrody a 744,64 kW.h.m-2 pre zimné odrody jablone domácej. V 9-tich rokoch z desiatich dozrejú jablone prípade priemerných hodnôt globálneho žiarenia 576,47 kW.h.m-2 pre letné, 750,82 kW.h.m-2 pre jesenné a 804,34 kW.h.m-2 pre zimné odrody jablone domácej.

Globálne otepľovanie neovplyvní len nástup a trvanie fenologických fáz jablone, ale aj vývinové štádiá chorôb a škodcov. Keďže sa bude zvyšovať priemerná ročná teplota, ako aj priemerné mesačné teploty počas zimných mesiacov, je možné, že bude väčší infekčný tlak niektorých škodcov a chorôb (nízke mrazy nezapríčinia dostatočnú likvidáciu škodcov) a takisto sa predĺži obdobie ideálne pre vývin škodcov. V práci sme sa zamerali na vývinový cyklus najvýznamnejšieho škodcu Jablone domácej - obaľovača jablčného (Laspeyresia = Cydiapomonella) a analýzu životnosti jehogenerácií v závislosti na teplote vzduchu na vybraných fenologických staniciach v podmienkach 1 x CO2 a 2 x CO2 atmosféry. Počas rokov 1961 – 90 sa v priemere vyskytovali na vybraných lokalitách SR 1 – 2 generácie sledovaného škodcu na nižšie položených fenologických staniciach. V nadmorských výškach nad 500 m.n.m. podľa experimentálnych staníc Hermanovce a Zázrivá neboli dosiahnuté potrebné sumy efektívnych teplôt ani pre výskyt 1. generácie obaľovača jablčného. Podľa výsledkov predloženej práce by sa prejavy obaľovača jablčného v budúcnosti mohli nástupom vyšších teplôt zvyšovať, nakoľko podľa vypočítanej efektívnej TS 10°C sa počet generácií zvyšuje na vybraných staniciach v nižších polohách na 2 až 3 a v nadmorských výškach nad 500 m. n. m. na 1 generáciu ročne. Dôslednou agrotechnikou a ochranou je však prejavy škodcu možné minimalizovať, alebo držať pod prahom ekonomickej škodlivosti.

**Ing.Magdová Jana:*Návrh novej agroklimitackej rajonizácie viniča hroznorodého v podmienkach kliatickej zmeny na Slovensku***

**Ing.Horák Ján:*Modelové hodnotenie emisíí oxidu dusného z poľnohospodársky využívaných pôd SR z pohľadu ochany ŽP v európskom priestore***

Anotácia:

Pri riešení dizertačnej práce sme si stanovili niekoľko čiastkových cieľov. Prvým cieľom bolo stanovenie emisií oxidu dusného (N2O) na základe experimentálneho pokusu z poľnohospodársky využívaného modelového územia (VPP-Kolíňan) pomocou IPCC metodiky a počítačovej simulácie modelom DNDC a vzájomné porovnanie oboch použitých metód. Následne sme model DNDC podrobili citlivostnej analýze vzhľadom k rôznym alternatívnym scenárom agrotechnických postupov a environmentálnych faktorov. Ďalším cieľom práce bolo modelové hodnotenie emisií oxidu dusného (N2O) v regionálnej mierke v členení na poľnohospodárske výrobné oblasti SR v podmienkach súčasnej klímy pri rôznych systémoch hospodárenia ako aj  v podmienkach meniacej sa klímy v SR podľa modelu DNDC a metodiky IPCC. Následne sme porovnali výsledky emisií N2O stanovené modelom DNDC pri systéme hospodárenia KS v podmienkach súčasnej klímy vs. v podmienkach meniacej sa klímy v SR.

Na základe analýzy výsledkov modelového územia (VPP-Kolíňany) môžeme vysloviť nasledovné závery.

* Pearsonov korelačný koeficient R=0,95 medzi emisiami N2O stanovenými podľa IPCCmetodiky a pomocou simulácie modelom DNDC vykazuje veľkú silu štatistickej závislosti.
* Z porovnania emisií N2O stanovených podľa IPCCmetodiky a pomocou simulácie modelom DNDC vyplýva, že emisie N2O stanovené podľa IPCC metodiky sú v priemere vyššie o 39 % ako emisie N2O stanovené modelom DNDC.Emisie N2O úzko súvisia s množstvom aplikovaných hnojív v kg N.ha-1.rok-1.Medzi hodnotenými plodinami (cukrová repa, jačmeň jarný, kukurica siata na zeleno, pšenica ozimná, slnečnica ročná) sa najvyšie emisie N2O zistili v rokoch 2002 a 2003 aj podľa metodiky IPCC aj podľa modelu DNDC a to pri pestovaní kukurice siatej na zeleno a pšenice ozimnej. V rokoch 2002 a 2003 bolo v poraste kukurice siatej na zeleno a pšenice ozimnej aplikovaných až 230 kg N.ha-1.rok-1 naproti rokom 2000, 2001 a 2004, kde bolo aplikovaných do pôdy len 37,5 kg N.ha-1.rok-1.
* Z výsledkov citlivostnej analýzy modelu DNDC vyplýva, že rôzna agrotechnika ako aj environmentálne faktory môžu výrazne prispieť k bilancii tokov emisií N2O z poľnohospodársky využívaných pôd. Z alternatívnych scenárov agrotechnických postupov najvýraznejšie ovplyvnili emisie N2O aplikácia rôznych typov hnojenia, kde pri hnojení močovinou boli simulované najvyššie emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1. Je to ovplyvnené tým, že močovina je v kvapalnej forme a má vysoký potenciál pre vyparovanie do atmosféry. Z environmentálnych faktorov je model DNDC najcitlivejší na zmenu pôdneho druhu, teplotu vzduchu (˚C), a obsah pôdneho organického uhlíka (Cox). Toky emisií N2O sa výrazne zvyšovali od ťažkých pôd smerom k ľahkým pôdam a to exponenciálne. Pri pôdnych druhoch je to spôsobené tým, že ľahké pôdy umožňujú ľahší pohyb vody v pôdnom profile. Voda pôsobí ako rozpúšťadlo dusíkatých látok a rýchlym presychaním ľahkých pôd sa tieto dostávajú do atmosféry. K zvýšeniu emisií N2O došlo aj pri zvýšení teploty vzduchu, čo samozrejme ovplyvňuje rýchlosť výparu, ktorý koreluje so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu.Citlivostná analýza modelu DNDC pre špecifickú experimentálnu plochu nemusí byť záväzná a nemusí reprezentovať všetky klimatické a pôdne režimy na celom území Slovenska. Avšak všeobecne trendy prezentované v tejto citlivostnej analýze môžu byť využité pre iné experimentálne poľnohospodársky využívané pôdy.

Pri simulovaní emisií N2O na regionálnej úrovni je možné rozdeliť región do celkov a predpokladať, že všetky atribúty v jednom celku budú rovnaké. Na podporu takýchto zámerov stanovenia emisií N2O pomocou modelu DNDC na regionálnej úrovni je možnosť využitia geografického informačného systému GIS. Model DNDC vyžaduje vstupy vlastností pôdy, poľnohospodársku prax, osevné plochy a meteo dáta. Pre účely stanovenia emisií N2O modelom DNDC a metodikou IPCC sme požadované vstupné dáta získali, resp. prepočítavali v členení podľa poľnohospodárskych výrobných oblastí SR.Emisie N2O stanovené podľa modelu DNDC a metodiky IPCC v podmienkach súčasnej klímy a v podmienkach meniacej sa klímy v kg N2O.ha-1.rok-1 sme následne vynásobili výmerou osevných plôch plodín na zaradených do osevného postupu na orných pôdach výrobných oblastí SR. Pre podmienky súčasnej klímy v SR sme emisie N2O stanovili pri systéme intenzity hnojenia KS, KS1 a KS2 a pre podmienky meniacej sa klímy pri systéme intenzity hnojenia KS a KS2.Po sčítaní stanovených emisií z výrobných oblastí sme získali neoficiálnu inventarizáciu N2O v tonách N2O.rok-1 z orných pôd SR podľa modelu DNDC a metodiky IPCC pri rôznych systémoch hospodárenia v podmienkach súčasnej klímy a v podmienkach meniacej sa klímy v SR. Vo všetkých nami rozdelených výrobných oblastiach okrem KVO\_1 sa emisie zvyšovali od veľmi ťažkých pôd (4), alebo ťažkých pôd (3) cez stredne ťažké pôdy ľahšie (5), stredne ťažké pôdy (2) a najvyššie emisie N2O boli dosahované na ľahkých pôdach (1). Je to spôsobené tým, že ľahké pôdy umožňujú ľahší pohyb vody v pôdnom profile. Voda pôsobí ako rozpúšťadlo dusíkatých látok a rýchlym presychaním ľahkých pôd sa emisie N2O dostávajú do atmosféry. Percentuálne zastúpenie ľahkých pôd v rámci orných pôd nami rozdelených výrobných oblastí SR sa pohybuje od 0,3 % - 8,3 % čo je relatívne malá výmera. Druhé najvyššie emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 boli dosahované na stredne ťažkých pôdach (2) a stredne ťažkých ľahších pôdach (5). Stredne ťažké pôdy (2) majú najvyššie percentuálne zastúpenie, ktoré sa pohybuje v rozpätí od 49 % - 78 %. Percentuálne zastúpenie stredne ťažkých ľahších pôd (5) je v rozpätí od 5 % - 29 %. Teda jedny z najvyšších emisií N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 sú podľa modelu DNDC dosahované na najzastúpenejších pôdnych druhoch podľa BPEJ v SR.

* + Vplyv plodín osevného postupu na emisie N2O je vhodné detailne sledovať v miestnej mierke. V našom prípade však môžeme uviesť záver, že v regionálnej mierke v členení na výrobné oblasti SR boli najvyššie emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1podľa modelu DNDC v poraste kukurice siatej na zeleno vo všetkých výrobných oblastiach okrem zemiakarskej výrobnej oblasti. K tejto plodine boli aplikované aj jedny z najvyšších dávok hnojív v kg N.ha-1.rok-1 a to v rozpätí od 87 – 153 kg N.ha-1.rok-1. Ďalšou plodinou, u ktorej boli dosahované najvyššie emisie bola ozimná pšenica a to opäť vo všetkých výrobných oblastiach SR okrem zemiakarskej výrobnej oblasti. Dávky hnojív v poraste ozimnej pšenice boli v rozpätí od 84 – 127 kg N.ha-1.rok-1. Najnižšie hodnoty emisií v kg N2O.ha-1.rok-1podľa modelu DNDC boli v poraste lucerny siatej a ďateliny lúčnej. K týmto plodinám boli aplikované aj najnižšie dávky hnojív v kg N.ha-1.rok-1. Lucerna siata bola v navrhnutom osevnom postupe iba v kukuričnej výrobnej oblasti. Ďatelina lúčna bola zahrnutá v osevných postupoch ostatných výrobných oblastiach SR. Dávky hnojív v kg N.ha-1.rok-1 k lucerne siatej boli v rozpätí od 14 – 32 kg N.ha-1.rok-1 a v poraste ďateliny lúčnej boli v rozpätí od 19 – 54 kg N.ha-1.rok-1. Je však dôležité povedať, že boli dosahované aj najnižšie hodnoty emisií v niektorých rokov v porastoch plodín, ako repka olejná, ku ktorej boli aplikované najvyššie dávky hnojív spomedzi všetkých plodín navrhnutých osevných postupov pre výrobné oblasti SR. Najnižšie hodnoty emisií boli dosiahnuté aj v poraste ozimnej pšenice, slnečnice ročnej, kukurici siatej na zrno, ku ktorým boli aplikované jedny z najvyšších dávok hnojív v kg N2O.ha-1.rok-1. Naopak v niektorých rokoch boli dosiahnuté najvyššie emisie v poraste ďateliny lúčnej a to najmä v repárskej, zemiakarskej a horskej výrobnej oblasti. Z uvedeného vyplýva, že je potrebné sledovať vývoj emisií N2O a vplyv jednotlivých plodín osevného postupu v rámci modelového územia v miestnej mierke. Týmto spôsobom je možné detailnejšie skúmať súvislosti vplyvu plodín osevného postupu, vplyv predplodiny a ďalšie charakteristiky vplývajúce na emisie N2O.

Najvyššie a najnižšie hodnoty emisií N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 stanovené metodikou IPCC sú priamoúmerné závislé na množstve aplikovaných hnojív v kg N.ha-1.rok-1. Najvyššie dávky dusíka v kg N.ha-1.rok-1 boli aplikované v poraste repky olejnej vo všetkých výrobných oblastiach SR. V niektorých skúmaných rokoch boli najvyššie emisie N2O v repárskej a v horskej výrobnej oblasti v poraste kukurice siatej na zeleno a v zemiakarskej výrobnej oblasti v poraste kukurice siatej na zeleno. Najnižšie dávky dusíka v kg N.ha-1.rok-1 boli aplikované v repárskej, zemiakarskej a horskej výrobnej oblasti v poraste ďateliny lúčnej a v kukuričnej výrobnej oblasti v poraste lucerny siatej.

* + pri všetkých systémoch intenzity hnojenia KS, KS1 a KS2 boli najvyššie emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 stanovené modelom DNDC v horskej výrobnej oblasti potom v zemiakarskej, kukuričnej a najnižšie boli v repárskej výrobnej oblasti. V repárskej výrobnej oblasti boli najnižšie emisie N2O i napriek faktu, že tu boli aplikované najvyššie množstvá dávok dusíka v kg N.ha-1.rok-1 a naopak v horskej výrobnej oblasti spoločne so zemiakarskou výrobnou oblasťou boli aplikované najnižšie dávky dusíka v kg N.ha-1.rok-1. Je to spôsobené tým, že pôdny organický uhlík (Cox) výrazne ovplyvňuje emisie N2O a to tak, že so zvyšujúcim sa obsahom Cox sa zvyšujú emisie N2O a naopak. Intenzita emisií N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 výrobných oblastí SR koreluje s priemerným obsahom Cox v kg C.kg-1. V rámci výrobných oblastí SR je najvyšší obsah pôdneho organického uhlíka (Cox) v horskej výrobnej oblasti a najnižší v repárskej výrobnej oblasti.

DNDC vs. IPCC

Emisie N2O stanovené modelom DNDC pri hnojení podľa štatistických údajov v kg N.ha-1.rok-1 sú vyššie o 4 – 244 %, pričom najvyšší rozdiel bol v repárskej výrobnej oblastí (244 %) a najnižší v horskej výrobnej oblasti (4 %).

Pri zvýšení dávok dusíka v kg N.ha-1.rok-1o 30 % v porovnaní s hnojením podľa štatistických údajov sú vyššie o 14 – 249 %, pričom najvyšší rozdiel bol v repárskej výrobnej oblastí (249 %) a najnižší v horskej výrobnej oblasti (14 %).

Pri znížení dávok dusíka v kg N.ha-1.rok-1o 30 % v porovnaní s hnojením podľa štatistických údajov sú vyššie o 9 – 215 % pričom najvyšší rozdiel bol v repárskej výrobnej oblastí (215 %) a najnižší v horskej výrobnej oblasti (9 %).

Celkové priemerné emisie N2O v tonách N2O.rok-1 stanovené modelom DNDC na orných pôdach SR boli pri intenzite hnojenia uvádzaných v štatistikách ÚKSUP-u teda pri intenzite hnojenia KS **1511 ton N2O.rok-1.** Podľa metodiky IPCC boli **3003 ton N2O.rok-1**a v porovnaní s výsledkami podľa modelu DNDC sú vyššie o 1492 ton N2O.rok-1 (+99 %)

Zvýšenie intenzity aplikácie hnojív v kg N.ha-1 o 30 % povedie k zvýšeniu celkovýchpriemerných emisií N2O na orných pôdach SR podľa modelu DNDC o 81 ton N2O.rok-1 (+5 %) a bude predstavovali hodnotu **1592 ton N2O.rok-1**.Podľa metodiky IPCC budú celkové priemerné emisie na orných pôdach SR **3485 ton N2O.rok-1**a budú vyššie o1893 ton N2O.rok-1 (+119 %) v porovnaní s výsledkami podľa modelu DNDC.

Naopak zníženie intenzity aplikácie hnojív v kg N.ha-1 o 30 % v porovnaní s údajmi v štatistikách ÚKSUP-u za skúmané obdobie povedie k zníženiu celkových priemerných emisií N2O na orných pôdach SR podľa modelu DNDC o 77 ton N2O.rok-1 (-5 %) a bude predstavovať hodnotu **1434 ton N2O.rok-1**. Podľa metodiky IPCC budú celkové priemerné emisie na orných pôdach SR **2522 ton N2O.rok-1**a budú vyššie o1088 ton N2O.rok-1 (+76 %) v porovnaní s výsledkami podľa modelu DNDC.

***b) Emisie N2O v podmienkach meniacej sa klímy v SR***

Podľa Bieleka (2008) bude v prípade priaznivého ekonomického vývoja dochádzať k miernemu vzostupu priemernej spotreby priemyselných hnojív v prepočte na 1 ha poľnohospodárskej pôdy do roku 2025.

Podľa Li (1996) zvyšovanie priemernej ročnej teploty vzduchu zvyšuje mineralizáciu dusíka v pôde a s tým súvisiace toky emisií N2O do atmosféry. Zo vstupov vlastností klímy sú emisie N2O najcitlivejšie na zmenu teploty, pričom vplyv zvyšujúcej sa teploty s intenzitou mineralizácie dusíka je nelineárny a emisie N2O sa výrazne zvyšujú so stúpajúcou teplotou a to tak, že 20 % zvýšenie teploty má za následok 33 % zvýšenie emisií N2O.

V dizertačnej práci boli množstvo aplikovaných hnojív v kg N.ha-1 a klíma dva faktory, ktoré boli pre podmienky meniacej sa klímy rozdielne v porovnaní s emisiami N2O stanovenými v podmienkach súčasnej klímy.

V podmienkach meniacej sa klímy bol podľa výstupov klimatických dát modelu ALADIN zaznamenaný trend rastu priemerných ročných teplôt vzduchu o 0,2 – 0,9 °C vo všetkých nami vybraných staniciach reprezentujúcich výrobné oblasti SR čo je v priemere o 8 %.

Emisie N2O sme porovnali v podmienkach súčasnej klímy a v podmienkach meniacej sa klímy v SR pri konvenčnom systéme hospodárenia (KS). Pre podmienky súčasnej klímy konvenčný systém hospodárenia (KS) predstavoval reálne vstupy podľa štatistík ÚKSÚP-uo hnojení priemyselnými a organickými hnojivami a údajov o osevných plochách plodín. Pre podmienky meniacej sa klímy konvenčný systém hospodárenia (KS) predstavoval expertný odhad vstupov hnojenia priemyselnými a organickými hnojivami podľa potrieb plodín zaradených do osevného postupu. V podmienkach meniacej sa klímy bolo priemerné množstvo aplikovaných hnojív v kg N.ha-1, vyššie vo všetkých výrobných oblastiach SR v priemere o 5 % v porovnaní s priemerným množstvom aplikovaným hnojív v podmienkach súčasnej klímy v SR.

Pri naplnení stanovených projekcií hnojenia priemyselnými a organickými hnojivami a naplnení scenárov klímy podľa modelu ALADIN budú emisie N2O z orných pôd v podmienkach meniacej sa klímy vyššie v KVO o 0,18 kg N2O.ha-1.rok-1 (18 %), v RVO o 0,13 kg N2O.ha-1.rok-1 (20 %), v ZVO o 0,02 kg N2O.ha-1.rok-1 (2 %) a v HVO o 0,01 kg N2O.ha-1.rok-1 (0,5 %).

Celkové priemerné emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 zo všetkých skúmaných rokov budú v KVO vyššie o 39 ton N2O.rok-1 (4 %), v RVO o 24 ton N2O.rok-1 (11 %), v ZVO o 4 tony N2O.rok-1 (1 %) a v HVO o 2 tony N2O.rok-1 (0,6 %).

Keďže v SR absentuje výskum emisií N2O z poľnohospodársky využívaných pôd pomocou prístrojovej techniky, nie je možná kalibrácia a parametrizácia modelu DNDC na základe skutočne nameraných hodnôt emisií N2O. Avšak validácia modelu DNDC uskutočnená v CostaRice a v Anglicku ukázala spoľahlivosť stanovených výsledkov emisií N2O. Vzhľadom k tomu sa môžeme domnievať že výsledky emisií N2O podľa modelu DNDC sú spoľahlivé a prispievajú k modelovému hodnoteniu týchto emisií z pohľadu zapracovania biogeochemických procesov odohrávajúcich sa v agroekosystéme.

Celkové priemerné emisie N2O v kg N2O.ha-1.rok-1 zo všetkých skúmaných rokov na orných pôdach SR v podmienkach súčasnej klímy pri intenzite hnojenia KS boli **1511 ton N2O.rok-1**. V podmienkach meniacej sa klímy budú celkové priemerné emisie vyššie o 69 ton N2O.rok-1 (5 %) a budú predstavovať hodnotu **1580 ton N2O.rok-1**.

**Ing. Malatinská Lenka: *Bioenergetický potenciál vybraných poľných plodín v podmienkach klimatickej zmeny na Slovensku***

Anotácia:

Slovenská republika sa ako člen Konferencie zmluvných strán Rámcového dohovoru OSN o klimatickej zmene zaviazala znížiť emisie CO2. Tento cieľ úzko súvisí s vyšším využívaním obnoviteľných zdrojov energie, medzi ktoré patrí aj fytomasa poľných plodín. Očakávaná klimatická zmena bude mať dosah na poľnohospodársku produkciu a tým aj na produkciu fytomasy. Tieto následky je možné určiť pomocou rastových simulačných modelov, ktoré umožňujú stanovenie reakcie poľných plodín na zmenu klimatických podmienok bez realizácie nákladných pokusov.

Vplyv klimatickej zmeny na úrody plodín pšenica letná f. ozimná (*Triticumaestivum* L.), jačmeň jarný (*Hordeumvulgare* L.) a kukurica siata na zrno (*Zeamays* L.) bol vyhodnotený pomocou agroekologického modelu DAISY.

Predpokladaný nárast koncentrácie CO2 vo vzduchu a nárast rýchlosti fotosyntézy pozitívne ovplyvňujú úrody pšenice letnej f. ozimnej a jačmeňa jarného. Nárast úrod zrna a celkovej nadzemnej fytomasy do obdobia rokov 2071 – 2100 je pre tieto plodiny evidentný.

Pri 75,5 % bodov (zo 110 bodov celkovo na Podunajskej nížine) dôjde podľa výsledkov simulácií k nárastu priemerných úrod zrna pšenice letnej f. ozimnej do obdobia rokov 2071 – 2100 oproti referenčnému obdobiu rokov 1971 – 2000. Nárast celkovej nadzemnej fytomasy je pozorovateľný pri 82,7 % do obdobia rokov 2071 – 2100.

Pri  93,6 % zo všetkých bodov Podunajskej nížiny je možné sledovať nárast priemerných úrod zrna jačmeňa jarného do obdobia rokov 2071 – 2100 oproti referenčnému obdobiu rokov 1971 – 2000. Nárast celkovej nadzemnej fytomasy je v tom istom časovom úseku pozorovateľný pri 93,6 % bodov.

Pre väčšinu vyhodnocovaných bodov však platí pokles úrod kukurice siatej na zrno do roku 2100 oproti referenčnému obdobiu – iba pri 2,7 % bodov dôjde k nárastu úrod zrna, ako aj celkovej nadzemnej fytomasy do obdobia rokov 2071 – 2100.

Najvyššie úrody sledovaných plodín sa prejavili v oblastiach s prevládajúcim pôdnym typom čiernica, resp. v severnejších častiach územia Podunajskej nížiny aj na hnedozemiach.

Očakávaný nárast produkcie celkovej nadzemnej fytomasy pšenice a jačmeňa má za následok aj nárast bioenergetického potenciálu týchto plodín v podmienkach klimatickej zmeny v oblasti Podunajskej nížiny.

Brutto energia, ktorú možno získať z nadzemnej fytomasy pšenice z tejto oblasti (celkom približne 9939549904 ha), predstavuje v priemere 203317077 GJ v období rokov 1971 – 2000, 206177619 GJ v období rokov 2021 – 2050 a 214995995 GJ v období rokov 2071 - 2100. Z výsledkov vyplýva, že energetický potenciál pšenice letnej f. ozimnej stúpne do obdobia rokov 2071 – 2100 v priemere o 11678918 GJ (o 5,7 %) v porovnaní s referenčným obdobím.

Energia, ktorú možno získať z nadzemnej fytomasy jačmeňa jarného z oblasti Podunajskej nížiny, predstavuje priemernú hodnotu 111172701 GJ v referenčnom období 1971 – 2000, 107897350 GJ v rokoch 2021 – 2050 a 117729867 GJ v období rokov 2071 – 2100. Energetický potenciál jačmeňa jarného stúpne do obdobia 2071 – 2100 v priemere o 6557166  GJ (o 5,9 %) v porovnaní s referenčným obdobím.

Energia, ktorú možno získať z nadzemnej fytomasy kukurice, pestovanej v oblasti Podunajskej nížiny, sa pohybuje v rozmedzí 162678610 GJ v referenčnom období, 154846643 GJ v období rokov 2021 – 2050 a 133130490 GJ v období rokov 2071 – 2100. Energetický potenciál kururice siatej na zrno poklesne v dôsledku očakávaného poklesu úrod. Pokles energetického potenciálu predstavuje hodnotu 29548120 GJ (o 18,2 %) v porovnaní s referenčným obdobím.

Pre plodiny pestované v podmienkach klimatickej zmeny v bezzávlahovom poľnohospodárstve je charakteristický výskyt vodného stresu. Rastúci teplotný a vodný stres limituje ich produkciu.Variabilita úrod úzko súvisí s dostupnosťou pôdnej vody, ktorá sa v podmienkach klimatickej zmeny bude znižovať. Najvyššie úrody sa v rámci Podunajskej nížiny dosiahli v južnej časti územia v blízkosti rieky Dunaj (Žitný ostrov) a pozdĺž väčších vodných tokov, akými sú Váh a Nitra.

Z výsledkov je viditeľné skrátenie obdobia od sejby po plnú zrelosť sledovaných plodín, čo je spôsobené očakávaným postupným narastaním teploty vzduchu. V prípade pšenice letnej f. ozimnej je to priemerne o 17 dní do obdobia rokov 2071 – 2100 v porovnaní s obdobím 1971 – 2000. Posun dátumu plnej zrelosti u jačmeňa predstavuje približne 5 dní, u kukurice siatej na zrno je to približne 14 dní.

V Nitre 21. mája 2012 doc. RNDr. Bernard Šiška, PhD. v.r.